

Actualités phytosanitaires Jardin Suisse

Mardi 4 novembre 2024

François Lefort et Hélène Accarisi

**Des traitements microbiens pour réduire la mortalité liée à
*Phytophthora cinnamomi***

Groupe Plants et Pathogènes
Institut de recherche
Terre Nature Payage (inTNP)



Phytophthora

- Pathogène
- du grec Phytos, plante ; pthora, destructeur
- 200 espèces connues, probablement plus en réalité
- Oomycète de la famille des Peronosporaceae
- Se développe dans le sol sous forme de mycélium

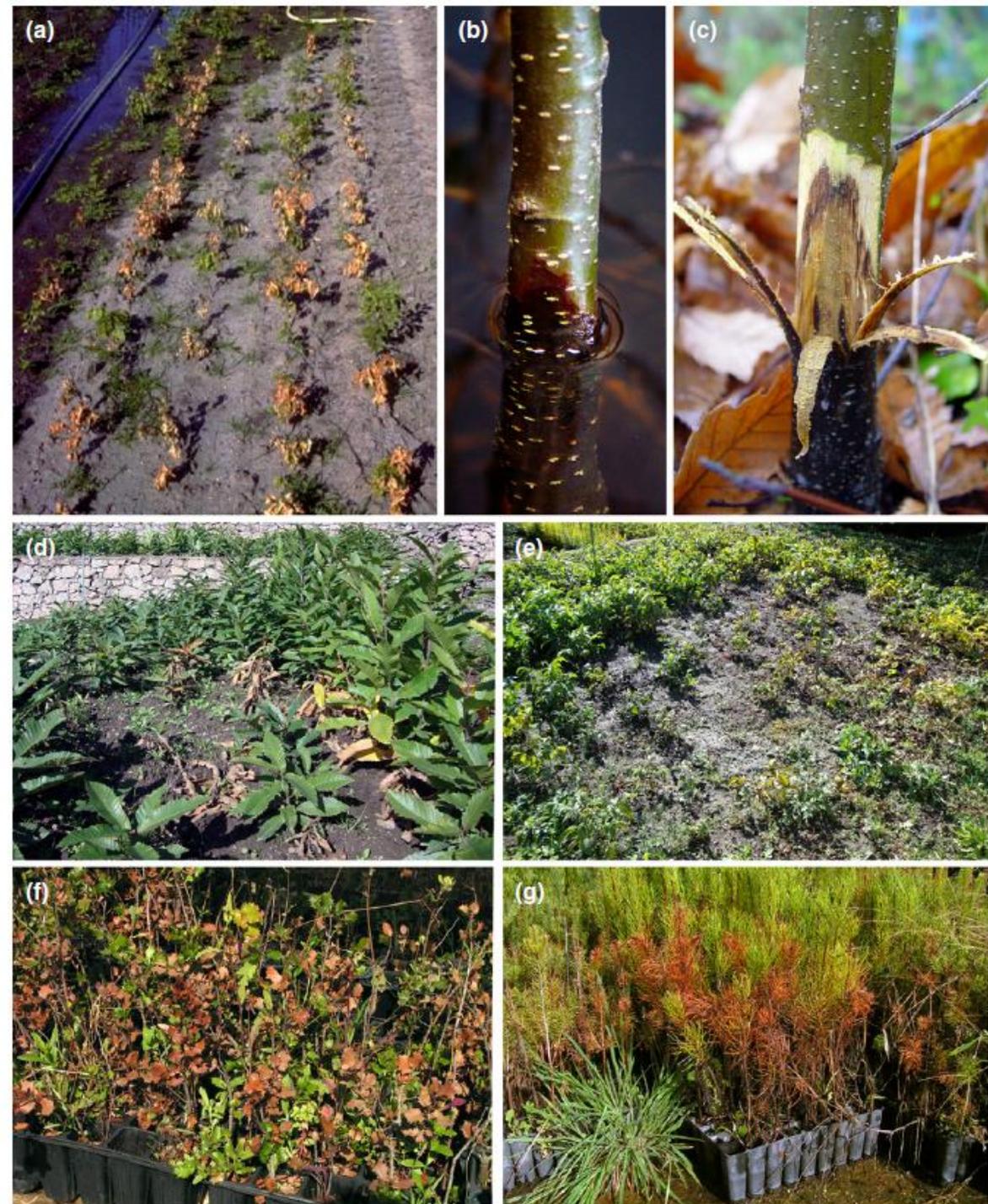


Fig. 5. Phytophthora symptoms of both field-grown and containerized forest nursery stock; a. Patch dieback and mortality of 2-year-old *Fagus sylvatica* seedlings caused by *Phytophthora cambivora* in Northern Germany; b. Collar rot caused by *P. 9 alni* after 1 week flooding on a visually healthy 2-year-old *Alnus glutinosa* seedling in Eastern Germany; c. Collar rot caused by *P. cinnamomi* on a 2-year-old *Castanea sativa* in Sardinia; d. Patch dieback and mortality caused by *P. cambivora* and *P. cinnamomi* in a *C. sativa* field in Sardinia; e. Patch dieback and mortality caused by *P. cinnamomi* in a *Juglans regia* field in Sardinia f. Wilting and mortality of 2-year-old *Quercus ilex* in Extremadura caused by *P. cambivora*; g. Chlorosis, wilting and mortality of *Pinus halepensis* in Extremadura caused by *P. cryptogea* and *P. taxon* 'PgChlamydo'.

Mycète ou oomycète ? Oomycète définitivement

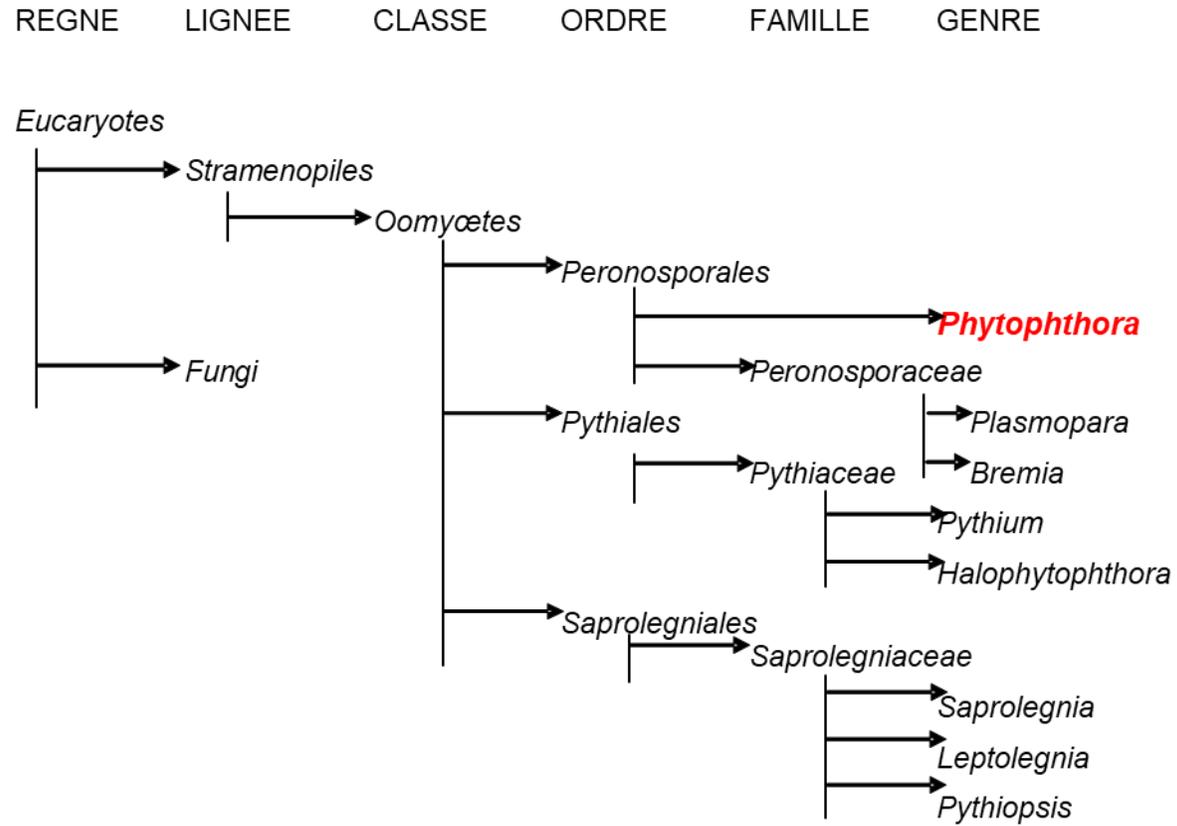
Champignons

- *Fungi*
- Lignée: Eukaryota; Opisthokonta, *Fungi*
- Chitine
- Reproduction asexuée (conidies) ou sexuée (zygospore, ascospore, basidiospore)
- Fongicides s'attaquant à la synthèse de chitine

Oomycète

- *Oomycota*
- Lignée: Eukaryota; Sar; Stramenopiles; Oomycota; Peronosporales; Peronosporaceae; *Phytophthora*
- Ont évolué à partir des algues brunes
- Avec perte du chloroplaste et donc de la photosynthèse
- Cellulose et glucanes
- Reproduction asexuée (zoospores) ou sexuée (oospores)
- Peu de fongicides efficaces

En résumé



Phytophthora

- Le genre *Phytophthora* est à l'origine de maladies destructrices en agriculture
- De nombreuses espèces envahissantes provoquent des épidémies dramatiques dans les écosystèmes forestiers naturels et domestiqués du monde entier.
- Leur forte capacité d'invasion est déterminée par plusieurs facteurs clés.
- Le commerce mondial et local de plantes vivantes facilite la propagation des espèces de *Phytophthora* entre les pays et les continents.
- Les pépinières et les jardinerie sont des lieux où les espèces de *Phytophthora* peuvent s'établir et se propager facilement dans des zones natives et exotiques, avec des processus comme le changement d'hôte, l'hybridation et l'évolution différentielle qui favorisent le succès de leur mécanisme d'invasion.
- Les nouvelles plantations avec des hôtes infectés sont parmi les stratégies les plus efficaces pour pénétrer et envahir un nouvel environnement.
- Une fois établies, les espèces de *Phytophthora* se propagent par des vecteurs naturels tels que l'eau le long des drains naturels, fossés, rivières, et, pour les espèces aériennes (ex. *P. ramorum*), par les courants d'air ou la pluie entraînée par le vent.
- Les activités humaines et les infrastructures contribuent également à la propagation de *Phytophthora*. Les réseaux de routes et de sentiers forestiers facilitent la dispersion de l'inoculum dans les particules de sol ou de boue qui contaminent les bottes de randonnée, les pneus des véhicules, etc.
- L'accumulation de l'inoculum et l'infection par les espèces du sol augmentent rapidement après des événements de saturation du sol causés par de fortes pluies ou des conditions d'inondation.

La maladie des racines chez *Austrocedrus* en Argentine et le déclin de *Juniperus communis* au Royaume –Uni causé par: *Phytophthora austrocedrae*

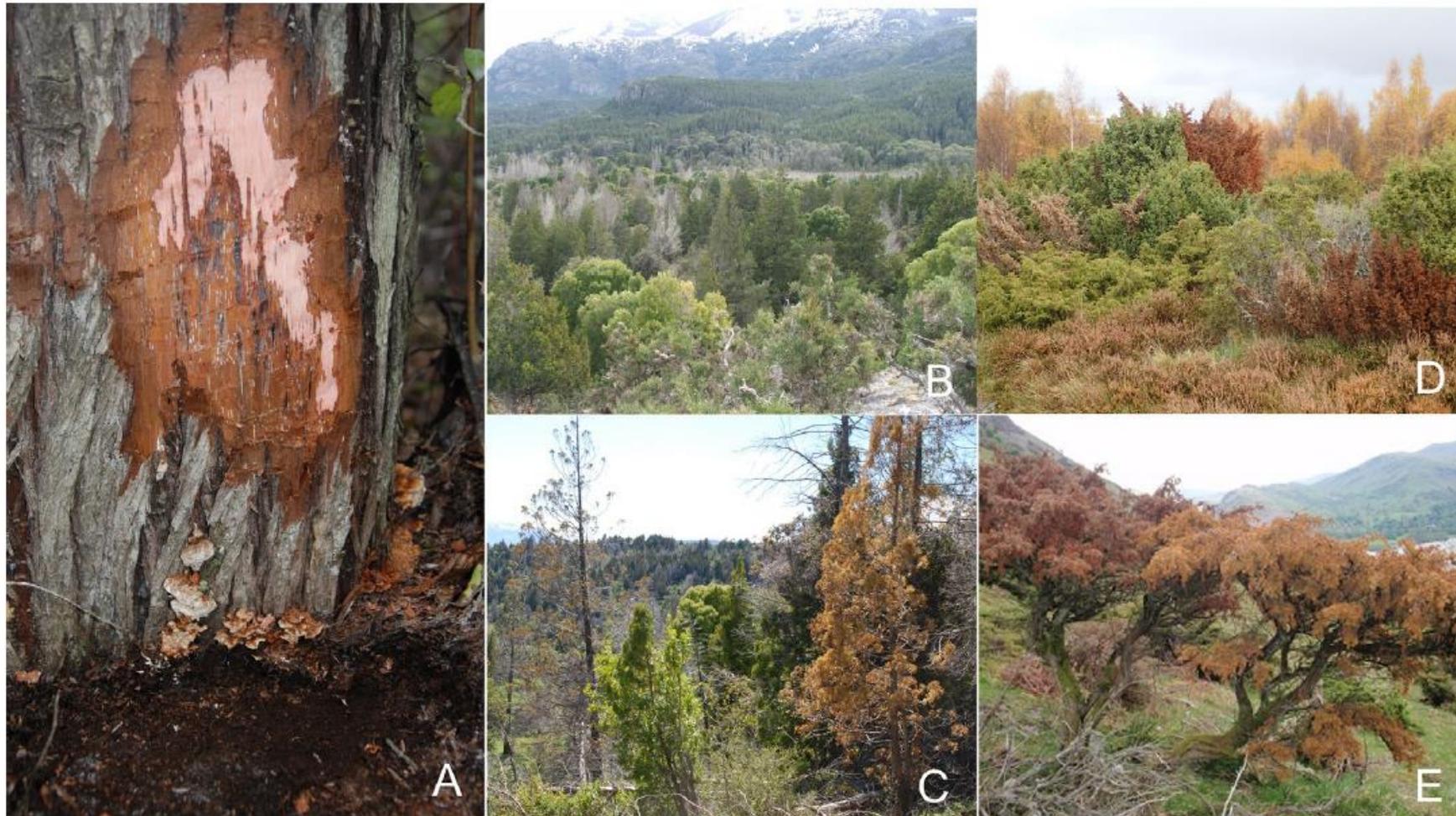


FIG. 21.2 *Phytophthora austrocedrae*: collar necrosis (A), mortality (B), and crown decline (C) of Chilean cedar (*Austrocedrus chilensis*) in natural forests in Argentina; crown decline of *Juniperus communis* in the UK (D and E). Photos Alina Greslebin (A–C) and Sarah Green (D–E).

Le
dépérissement
du Cèdre de
Port-Orford
(*Chamaecyparis
lawsoniana*) aux
Etats-Unis et en
Europe causé
par:
*Phytophthora
lateralis*



FIG. 21.5 *Phytophthora lateralis*: crown decline of Port-Orford Cedar (*Chamaecyparis lawsoniana*) in the natural range in Oregon (A) and in cultivated stands in France (B); basal necrosis on a tree in Oregon (C); aerial canker (D) and crown infections (E) on trees in France. Photos Everett Hansen (A and C), and Cecile Robin (B–E).

La maladie de l'encre du châtaignier aux Etats-Unis, en Europe et en Asie causée par: *Phytophthora cinnamoni*



FIG. 21.7 Ink disease of chestnut: tree mortality and ecosystem degradation of a sweet chestnut (*Castanea sativa*) forest in Italy (A); crown decline (B); collar canker (C), and the underneath inner bark necrosis (D); flame-shaped necrosis of the inner bark of an adult tree (E). Photos Andrea Vannini.

“La Seca,” le
dépérissement
des chênes verts
méditerranéens
causé:
*Phytophthora
cinnamomi*



FIG. 21.8 *Phytophthora cinnamomi*: crown decline and mortality of holm oak (*Quercus ilex*) in a Dehesa ecosystem in Spain (A and B); mortality of cork oak (*Quercus suber*) in a forest in Central Italy (C). Photos Carmen Morales-Rodriguez (A and B), and Andrea Vannini (C).

La mort subite du
chêne aux Etats-
Unis causée par:
Phytophthora
ramorum



FIG. 21.10 *Phytophthora ramorum*: crown decline and mortality of tanoak (*Notholithocarpus denisflorus*) in coastal woodlands in California (A); bleeding stem canker on tanoak (B); foliar blight of California bay laurel (*Umbellularia californica*) (C); Japanese larch (*Larix kaempferi*) crown decline (D) and stem necrosis (E) in the UK. Photos Susan Frankel.

Le dépérissement des aulnes en Europe causé par: *Phytophthora x alnis*, *Phytophthora uniformis*, et *Phytophthora x multiformis*



FIG. 21.9 *Phytophthora alni* complex: crown decline and mortality of black alder (*Alnus glutinosa*) in riparian ecosystems in France (A and B); bleeding basal canker (C); inner bark necrosis (D). Photos Renaud Ioo and Benoît Marcais.

Phytophthora en pépinières

Widespread *Phytophthora* infestations in European nurseries put forest, semi-natural and horticultural ecosystems at high risk of *Phytophthora* diseases

- Etude de grande ampleur
- 3 zones climatiques: atlantique A, continentale C et méditerranéenne M
- 20 pays européens dont la Suisse
- 1992 cultures sol et hors-sol (pots) dans 732 pépinières
- 304 espèces de plantes étudiées, 21 présentes dans les trois régions climatiques,
- 14 partagées entre A et M, 12 espèces entre A et C, 10 entre C et M
- 1827 isolats de **49 espèces (41 invasives)** de *Phytophthora* différentes
- Taux d'infestation de 91.5%
- 2525 plantations échantillonnées,
- Taux d'infestation de 66%
- 2016 isolats identifiés, **56 espèces (48 invasives)** identifiées

Diversité des espèces de *Phytophthora* dans les pépinières européennes

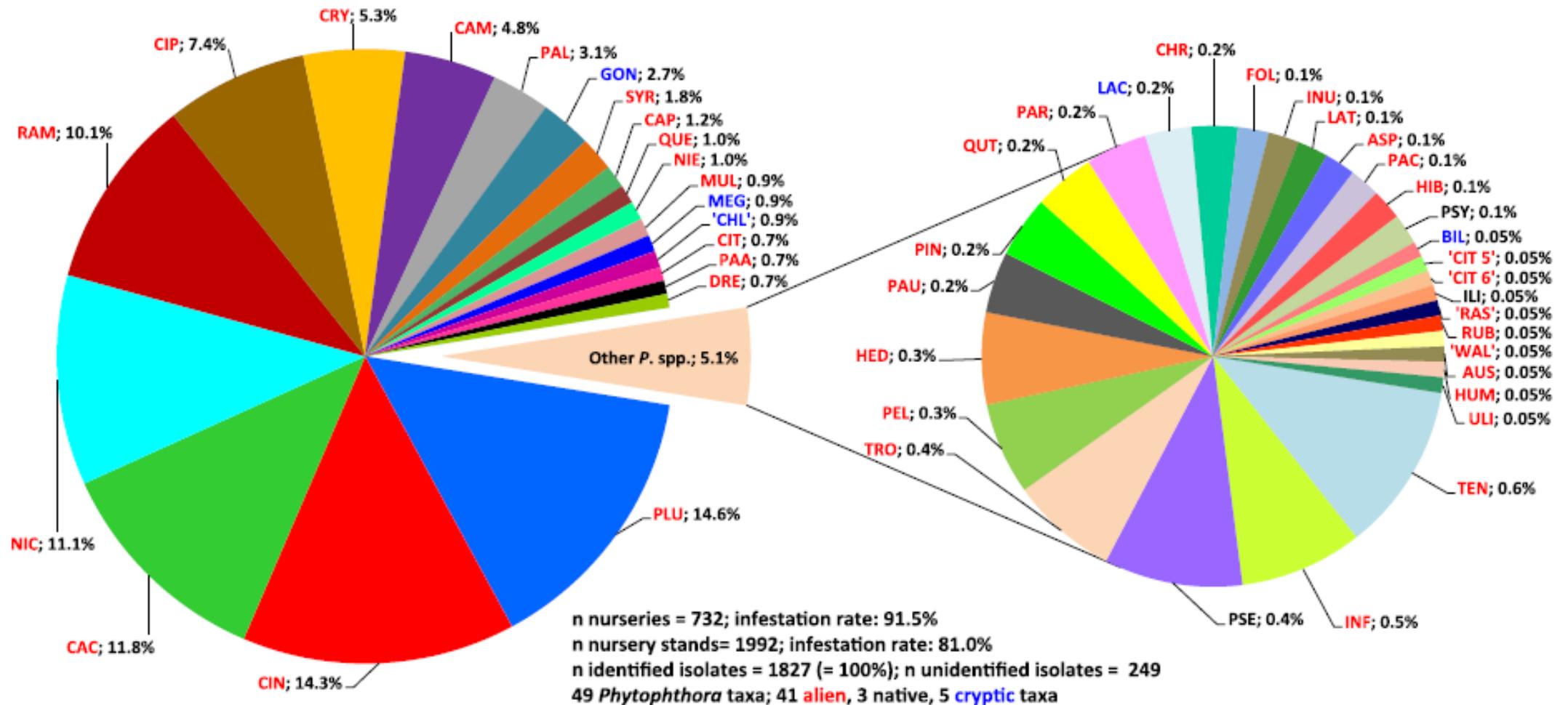


Fig. 1. Diversity and frequency of alien, native and cryptic *Phytophthora* taxa in 1992 fields and container stands of 732 forest, advanced tree, horticultural and ornamental nurseries in 18 European countries. Multiple isolates of a *Phytophthora* taxon from the same nursery stand were considered as one record. Abbreviated *Phytophthora* names are explained in footnote 1 of Table 2.

Ce qu'il faut retenir

- 49 espèces et sous-espèces de *Phytophthora* dans 81 % des 1992 cultures sur sol ou hors-sol testés et 91,5 % des 732 pépinières testées.
- en moyenne, 3,6 espèces de *Phytophthora* ont été détectés par pépinière infestée
- niveaux d'infestation similaires entre les différents types de pépinières.
- Les taux d'infestation allaient de 68,5 % dans les pépinières mixtes à 92,3 % dans les pépinières pour arbres.
- Les pépinières de gros présentaient des niveaux d'infestation plus élevés que les pépinières de détail.
- L'infestation varie selon les espèces cultivées. Par exemple, *Quercus ilex*, *Quercus suber* et certaines espèces de *Citrus* et *Olea europaea* étaient toutes infectées, tandis que d'autres espèces comme *Vinca minor* avaient des taux plus faibles.
- La plus grande diversité en espèces de *Phytophthora* a été trouvée dans les stands de pépinière d'*Alnus glutinosa* et *C. lawsoniana* (chacun 13 espèces de *Phytophthora*), *Q. robur* et *Buxus sempervirens* (chacun 12 espèces de *Phytophthora*), *Taxus baccata* (11), *Viburnum tinus* (10), *Q. ilex* (9) et *Fagus sylvatica* (8).
- Les espèces les plus courantes de *Phytophthora* incluaient *P. plurivora*, *P. cinnamomi*, *P. cactorum*, *P. nicotianae*, *P. ramorum* et *P. citrophthora*, toutes des espèces exotiques envahissantes en Europe.
- De plus, plusieurs espèces ont été identifiées pour la première fois en Europe ou dans les pépinières européennes: *P. chrysanthemii*, *P. foliorum* et *P. quercetorum*, tandis que *P. asparagi*, *P. bilorbang*, *P. humicola*, *P. ilicis*, *P. inundata*, *P. uliginosa* et le taxon *Phytophthora* 'Walnut'

Diversité des espèces de *Phytophthora* dans les pépinières européennes

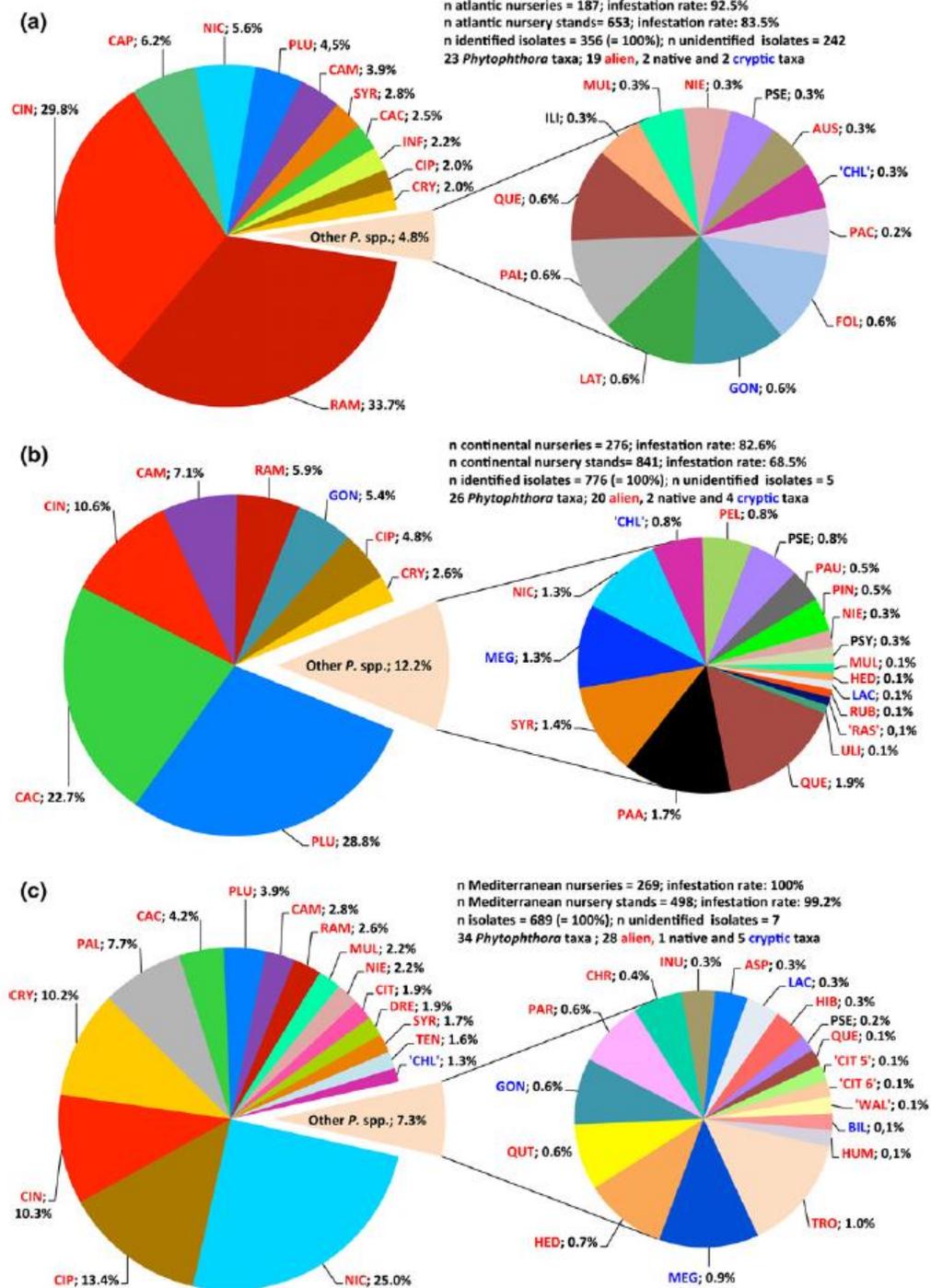


Fig. 2. Diversity and frequency of alien, native and cryptic *Phytophthora* taxa in fields and container stands of forest, advanced tree, horticultural and ornamental nurseries in different climatic regions of Europe: a: 653 fields and container stands of 187 nurseries in Atlantic regions (ES, FR, GB, NL); b: 841 fields and container stands of 276 forest, advanced tree, horticultural and ornamental nurseries in subcontinental to continental regions of Europe (AT, CH, DE, FI, HU, NO, PL, RS, SE, UA); c: 498 fields and container stands of 269 nurseries in Mediterranean regions of Europe (ES, FR, GR, IT, HR, PT, TR). Multiple isolates of a *Phytophthora* taxon from the same nursery stand were considered as one record. Abbreviated *Phytophthora* names are explained in footnote 1 of Table 2.

Ce qu'il faut retenir

- **Treize** des 49 espèces de *Phytophthora* étaient présentes dans les trois grandes régions climatiques, bien que la fréquence et la composition des populations variaient considérablement.
- Dans les 187 pépinières testées dans les régions atlantiques, **23 taxons de *Phytophthora* ont été détectés dans 83,5 %** des 653 conteneurs de pépinière échantillonnés.
- Dans les climats humides et doux, les espèces de *Phytophthora* à mode de vie principalement aérien et les espèces de *Phytophthora* sensibles au gel, d'origine subtropicale à tropicale, représentaient respectivement 41 % et 36 % des associations *Phytophthora*-conteneur de pépinière.
- Les espèces les plus courantes étaient *P. ramorum* et *P. cinnamomi*.
- Dans les régions subcontinentales à continentales, **26 taxons de *Phytophthora* ont été retrouvés dans 68,5% des 841 conteneurs de pépinière étudiés dans 228 des 276 pépinières**. Les espèces de *Phytophthora* aériennes et sensibles au gel représentaient respectivement 7,5 % et 12,2 % des associations *Phytophthora*-conteneur de pépinière. **En revanche, les espèces adaptées à survivre à des hivers rigoureux représentaient 82,1 % des associations *Phytophthora*-conteneur de pépinière**.
- *Phytophthora plurivora*, *P. cactorum*, *P. cinnamomi* étaient les espèces les plus courantes
- **Trente-quatre taxons** de *Phytophthora* ont été isolés dans 494 des 498 conteneurs de pépinière testés dans 269 pépinières méditerranéennes . La proportion **d'espèces thermophiles** sensibles au gel était de 46,2 %. ***Phytophthora nicotianae*, *P. citrophthora*, *P. cinnamomi* et *P. cryptogea*** étaient les espèces les plus communes.
- Treize espèces de *Phytophthora* étaient exclusifs aux pépinières méditerranéennes.

Diversité des espèces de *Phytophthora* dans les plantations européennes

146

T. Jung, L. Orlikowski, B. Henricot et al.

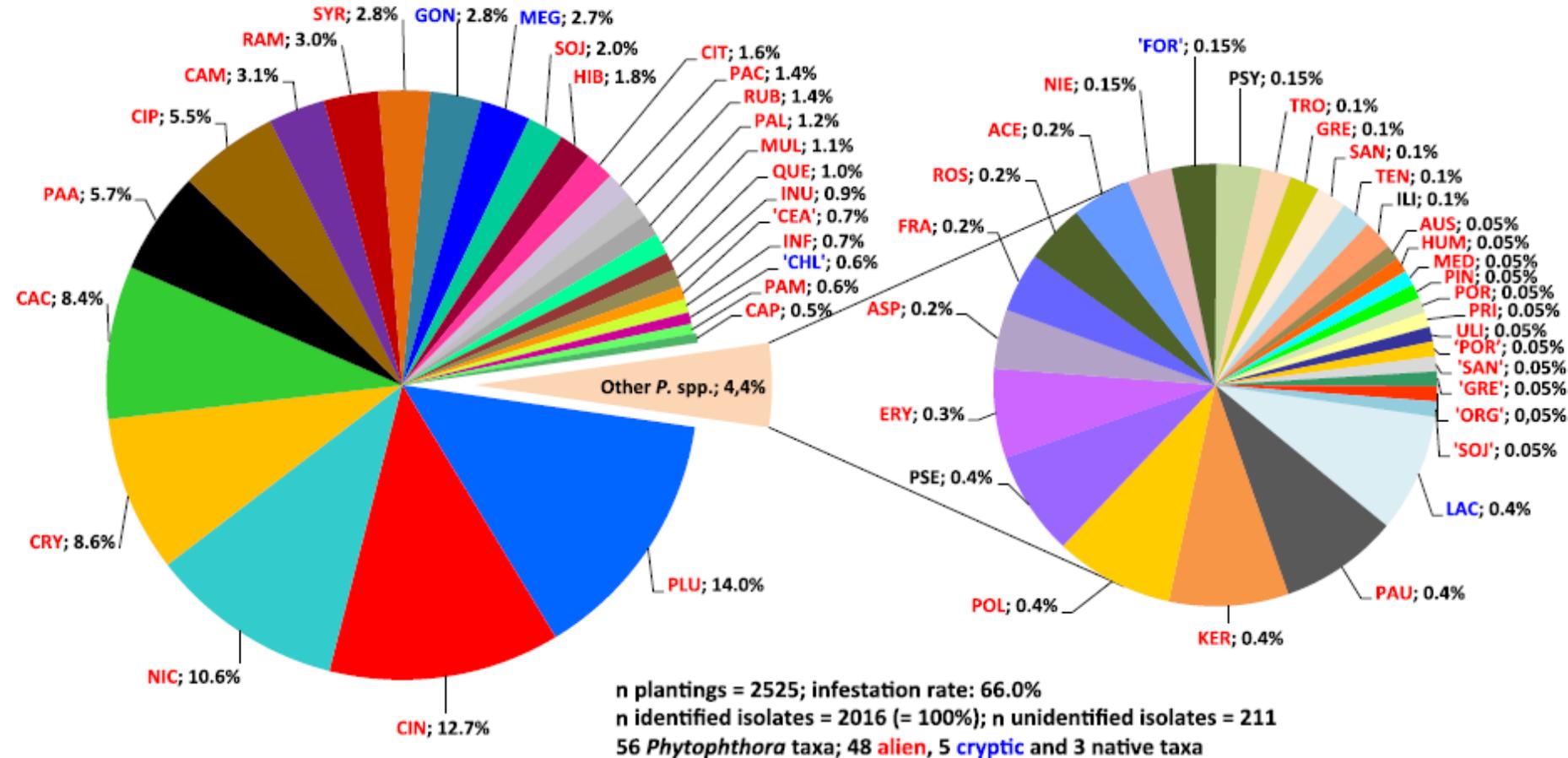


Fig. 6. Diversity and frequency of alien, native and cryptic *Phytophthora* taxa in 2525 forest, riparian, amenity, landscape and ornamental plantings, and horticultural plantations of 478 broadleaved and conifer tree, shrub and herbaceous taxa (species, cultivars, hybrids) in 20 European countries. Multiple isolates of a *Phytophthora* taxon from the same nursery stand were considered as one record. Abbreviated *Phytophthora* names are explained in footnote 1 of Table 3.

En résumé

- Dans les plantations européennes, 56 espèces de *Phytophthora* dont 19 communes aux trois grandes régions climatiques.
- Dans le climat atlantique, 38 espèces de ***Phytophthora*** ont été détectés dans 935 des 1798 plantations échantillonnées. Les espèces de *Phytophthora* à mode de vie principalement aérien et les espèces sensibles au gel représentaient respectivement 11,6 % et 23,6 % des associations *Phytophthora*-plantation.
- Les espèces les plus courantes étaient ***P. cinnamomi*, *P. plurivora* et *P. cryptogea***. Neuf espèces (***P. austrocedrae*, *P. erythroseptica*, *P. hibernalis*, *P. ilicis*, *P. kernoviae*, *P. porri*, *P. primulae*, *P. pachypleura* et *P. taxon 'porri-like'***) ont été isolées exclusivement des plantations dans les régions atlantiques.
- Dans les régions continentales subcontinentales, 31 taxons de ***Phytophthora*** ont été récupérés dans 314 des 319 plantations étudiées. Deux espèces principalement aériennes, ***P. ramorum* et *P. pseudosyringae***, ont été rarement trouvées, tandis que les espèces résistantes au gel étaient présentes dans 98,4 % des plantations et représentaient 98,8 % des associations *Phytophthora*-plantation identifiées. ***Phytophthora plurivora*, *P. cactorum* et *P. x alni*** étaient les plus courantes.
- Trente-sept espèces de ***Phytophthora*** étaient présents dans les 408 plantations méditerranéennes échantillonnées. La proportion d'espèces thermophiles sensibles au gel était de 45,9 %, tandis que les espèces de *Phytophthora* principalement aériennes représentaient seulement 6,4 % des associations *Phytophthora*-plantation.
- ***Phytophthora nicotianae* et *P. citrophthora*** étaient les plus communes. Neuf espèces (***P. acerina*, *P. asparagi*, *P. gregata*, *P. humicola*, *P. medicaginis*, *P. rosacearum*, *P. sojiae*, *P. tentaculata* et *P. taxon 'sojiae-like'***) ont été trouvés uniquement dans les plantations méditerranéennes.

Ce qu'il faut retenir

- Les pépinières en Europe sont presque universellement infestées par un grand nombre d'espèces de *Phytophthora*.
- Comment sont facilitées l'introduction, la réintroduction et la propagation des espèces de *Phytophthora*?
- **Achat de plantes en conteneur d'autres pépinières sans tests préalables** pour détecter d'éventuelles infestations de *Phytophthora*
- **Pratiques de pépinière inadéquates** (plantations trop denses, proximité entre différentes espèces de plantes hôtes facilitant les infections croisées, réutilisation de compost ou de conteneurs plastiques sans stérilisation, utilisation d'eau de surface non filtrée ou recirculation d'eau d'irrigation sans filtration ni stérilisation, stockage des plantes en conteneur sur des surfaces mal drainées ou même directement au sol, collecte de plantes mortes et de débris végétaux près de la zone de production.
- Mais même si les infestations de *Phytophthora* avaient pu être détectées lors des inspections phytosanitaires dans les pépinières exportatrices, **le transport et la vente de la plupart des plantes infestées n'auraient pas pu être empêchés** car seules cinq espèces de *Phytophthora* — *P. fragariae*, *P. kernoviae*, *P. lateralis*, *P. ramorum* et *P. rubi* — figurent sur la liste de quarantaine A2 de l'OEPP, malgré le fait que de nombreuses autres espèces exotiques de *Phytophthora* causent des dépérissements et des mortalités épidémiques à grande échelle des arbres forestiers en Europe.
- .

Ce qu'il faut retenir

- Les espèces de *Phytophthora* les plus agressives étaient régulièrement retrouvées tant dans les parcelles de pépinières que dans les jeunes plantations.
- Un pathogène invasif peut être dispersé vers des forêts naturelles plusieurs fois, bien qu'il ne s'y établisse pas nécessairement avec succès.
- La stratégie de vie spécifique des espèces de *Phytophthora* repose sur des **oospores** très résistantes permettant une survie à long terme, des **chlamydospores** pour une survie à moyen et court termes, la production multicyclique de **sporangia** libérant des **zoospores** mobiles capables d'infecter des tissus sains non blessés d'hôtes vigoureux.
- Leur agressivité élevée, leur large éventail d'hôtes ou leurs adaptations spécifiques à certaines plantes hôtes, font des espèces de *Phytophthora* les agents pathogènes invasifs les plus redoutables et les plus performants pour les plantes
- Par conséquent, la propagation continue à haute fréquence de ces pathogènes agressifs pour les arbres et les cultures à partir des pépinières infestées conduira inévitablement à une implantation à grande échelle dans les forêts, les systèmes horticoles et l'environnement au sens large.

**Mortalité de conifères
en pépinière :
identification des
causes et propositions
de solution**



Contexte

- Pépinière Meylan fondée fin du 19^e siècle
- 30 ha entre Renens, Crissier, Jouxten-Mézery et Assens
- Problèmes de pertes de conifères depuis une dizaine d'années
- Besoin d'une alternative à une lutte chimique



Symptômes



- Racines fines, collet, racines plus larges et finalement aiguilles
- Paroi racinaire brun orangé
- Vaisseaux brunissent puis nécrosent
- Aiguilles jaunes, rouges et tombent
- Fulgurant en été

Causes suspectées selon les espèces

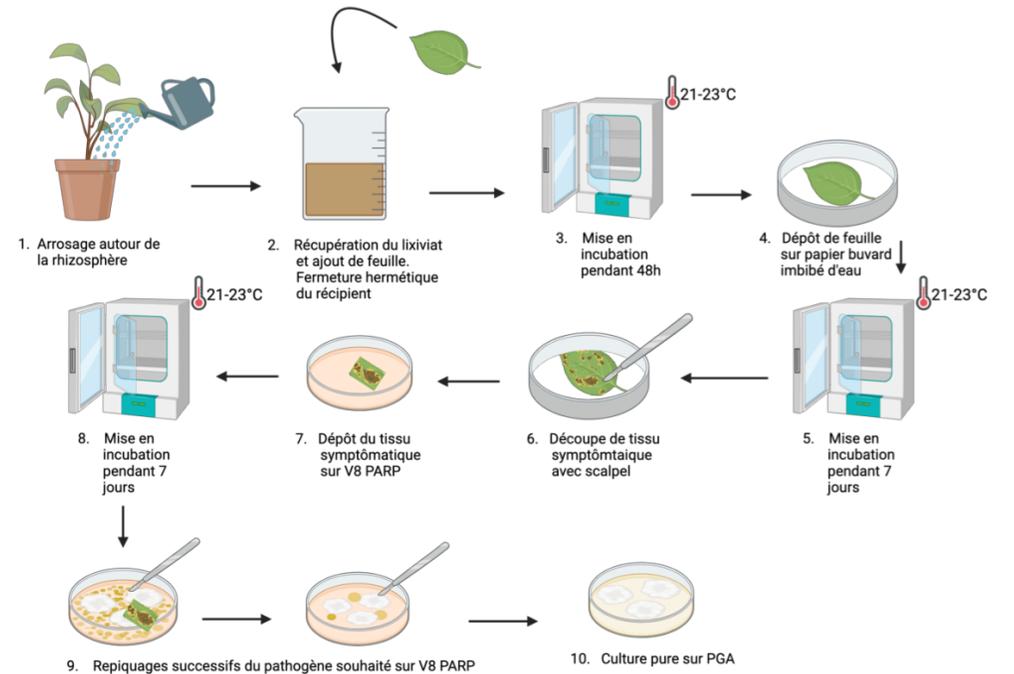
	<i>Abies alba</i>	<i>Chamaecyparis lawsoniana</i>	<i>Picea omorika</i>	<i>Taxus baccata</i>
<i>P. cinnamomi</i>	X	X	X	X
<i>P. hibernalis</i>		X		
<i>P. lateralis</i>		X	X	
<i>P. ramorum</i>	X	X		



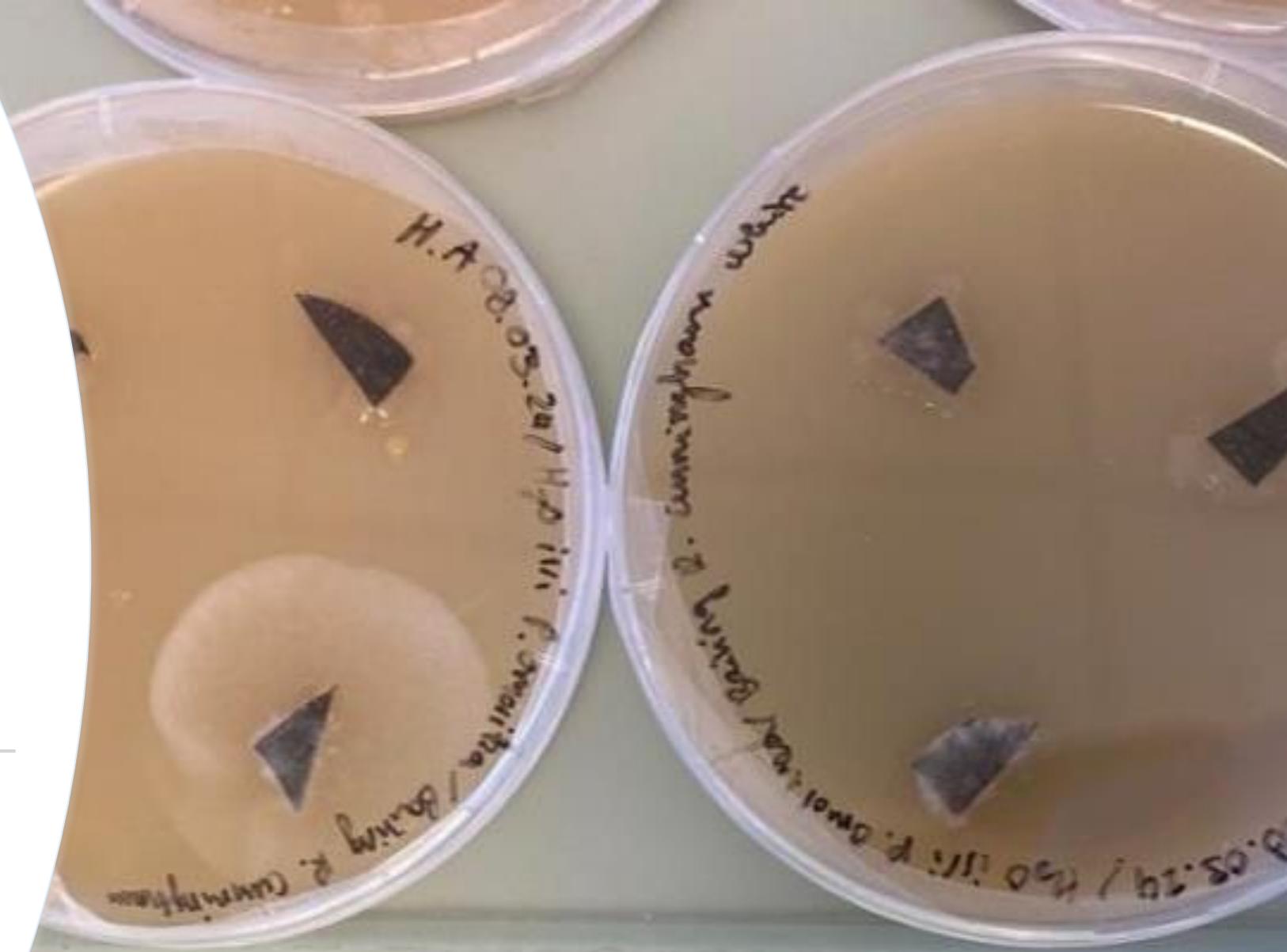
Tests immuno-chromatographiques



Baiting ou piégeage, en français



Isolement



Isolement en cultures pures et tri phénotypique

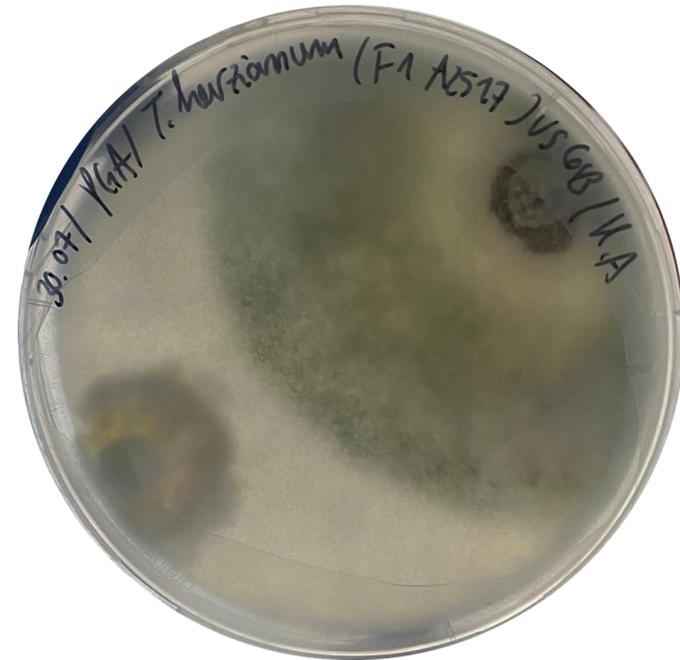
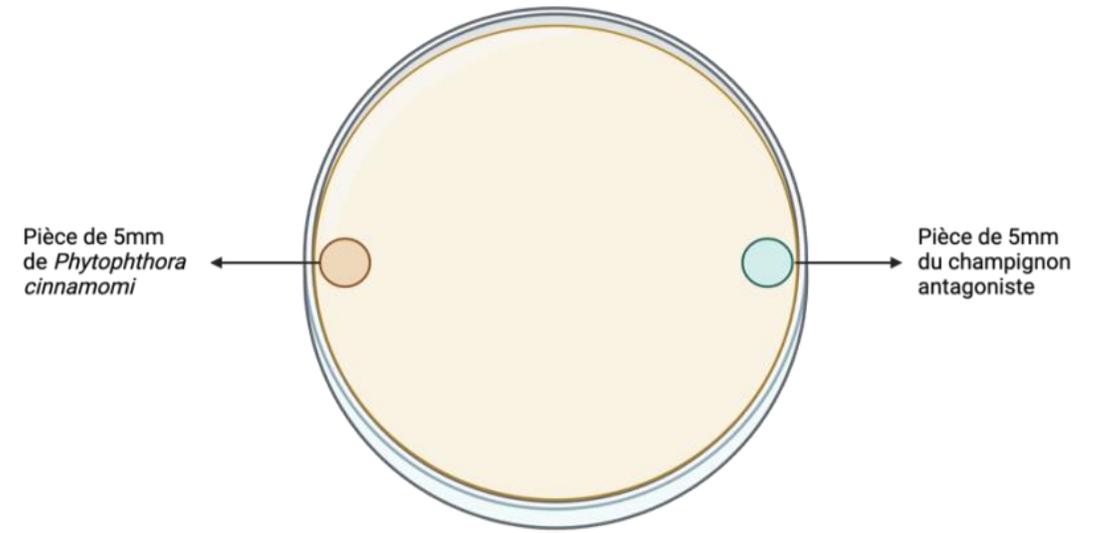
11 souches

Puis identification génétique

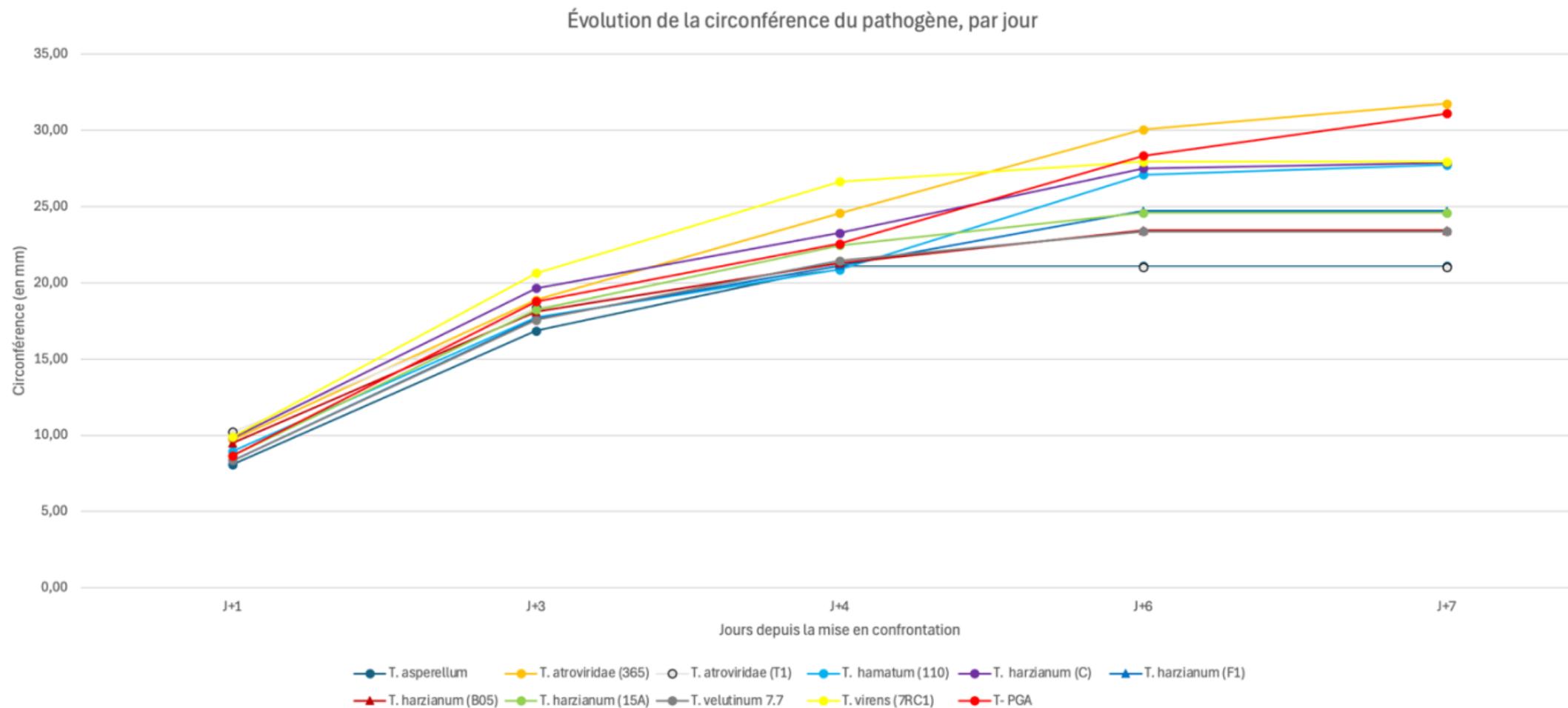
4 souches identifiées comme *Phytophthora cinnamomi*



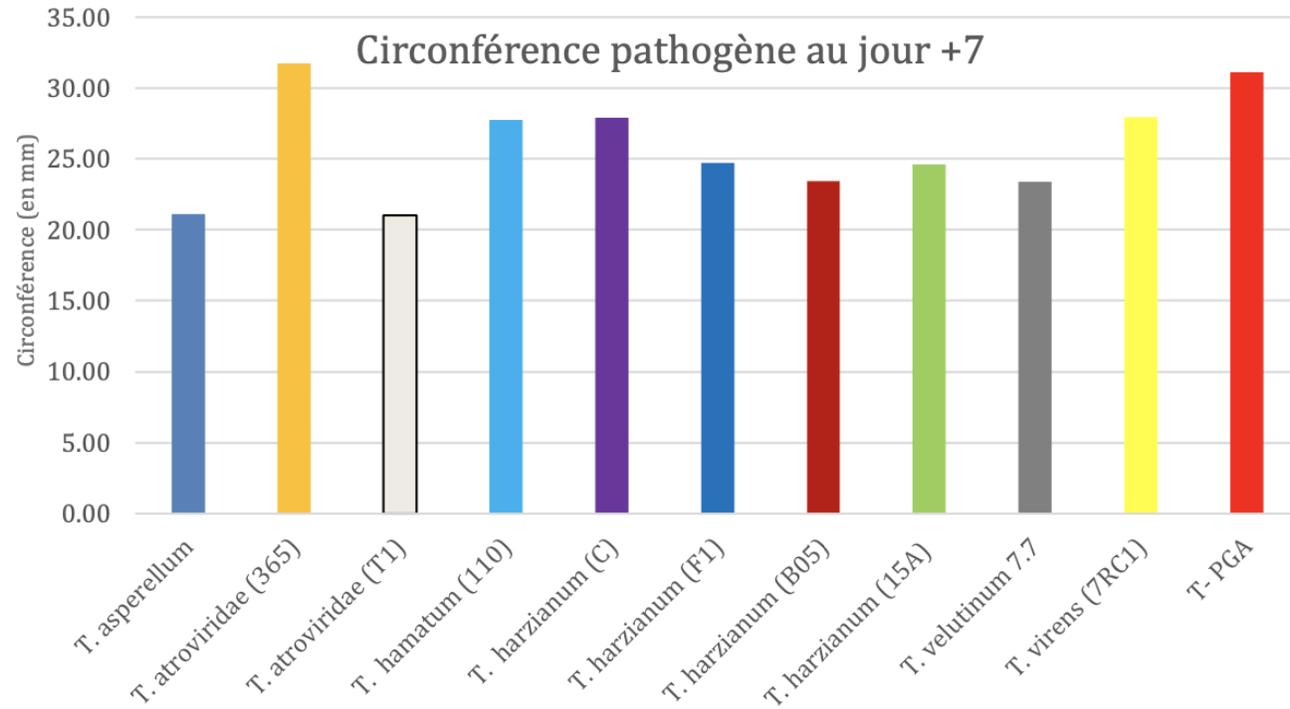
Confrontations fongiques



Confrontations fongiques

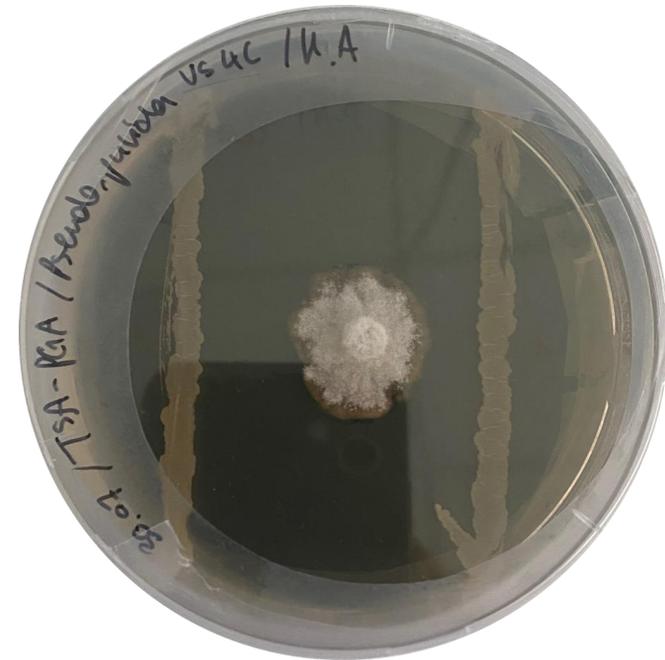
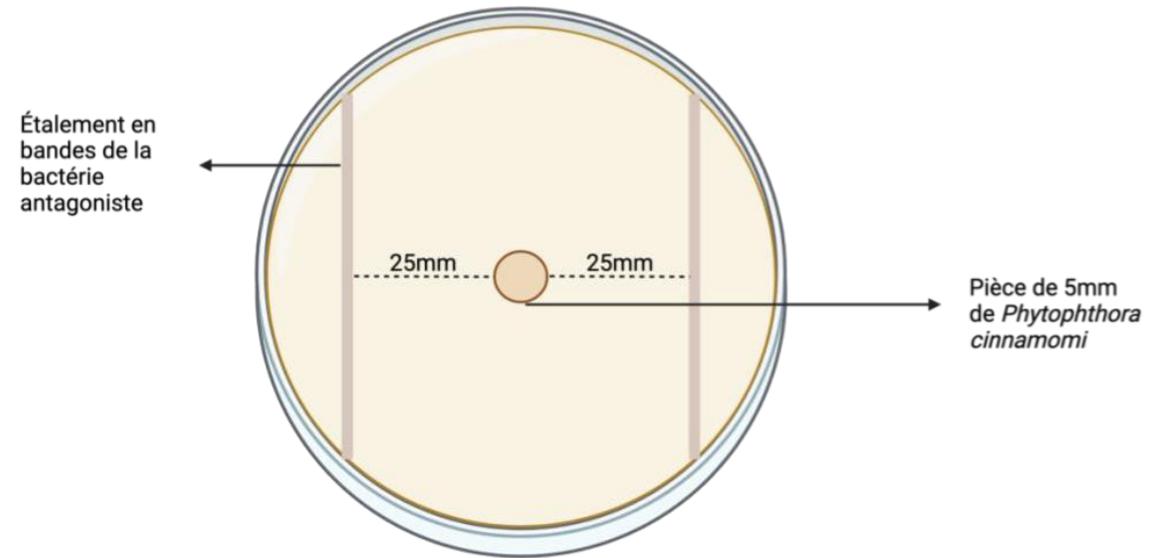


Confrontations fongiques

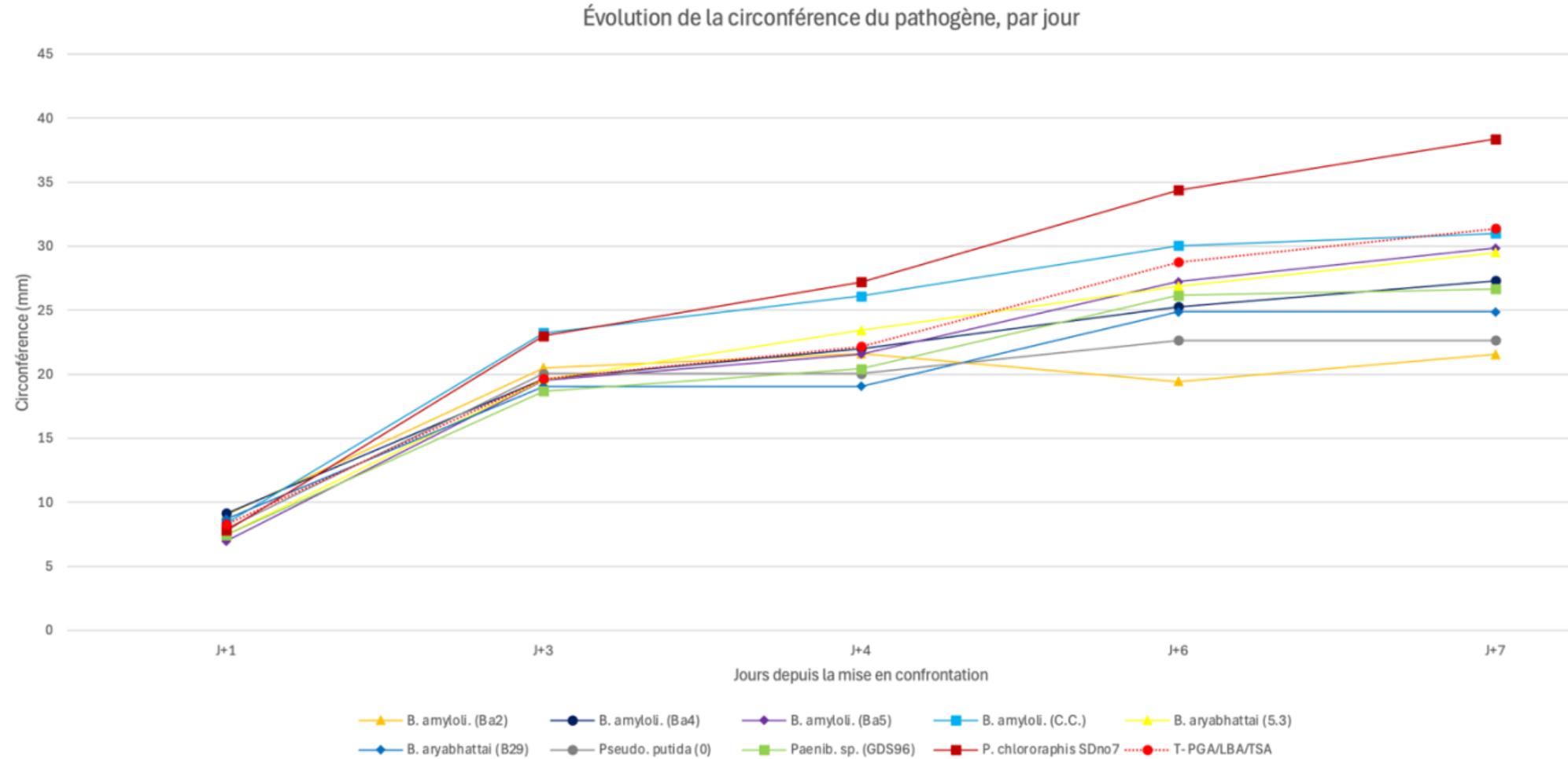


	asp.	365	T1	110	C	F1	B05	15A	7.7	7RC1
% d'inhibition	32	-2	33	11	10	21	25	21	25	10

Confrontations bactériennes

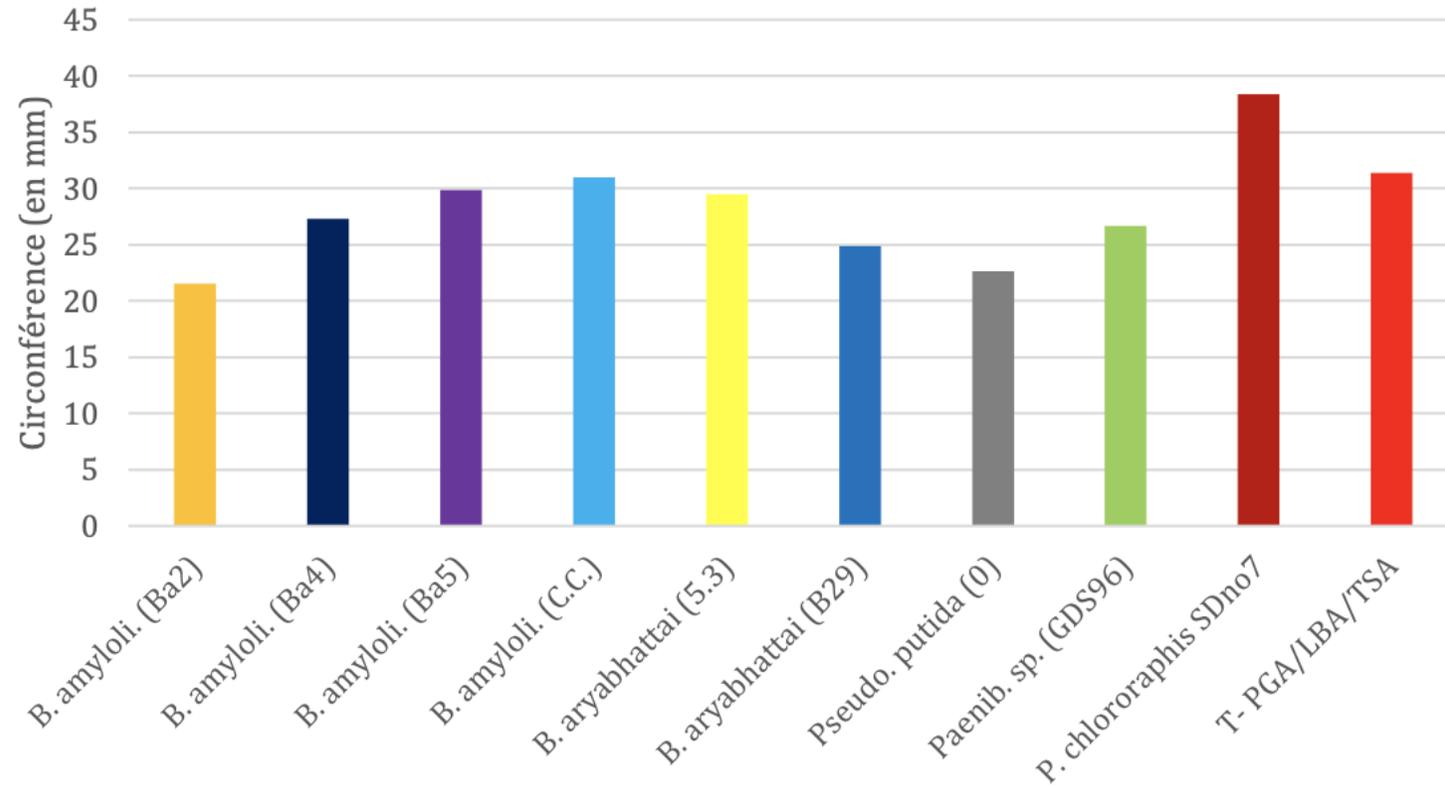


Confrontations bactériennes



Confrontations bactériennes

Circonférence du pathogène au jour +7



	Ba2	Ba4	Ba5	C.C.	5.3	B29	0	GDS96	Sdno7
% d'inhibition	31	13	5	1	6	21	28	15	-22

Essai *in vivo*



Fongibacter® *Bacillus amyloliquefaciens* 'Ba4' Hèles® T - T +

108 108 108 51 30

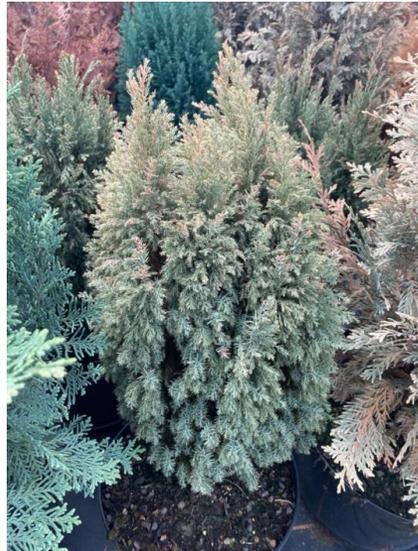
26 'Colum.', 7 'Elw.'s gold', 13 'Elw.' 5 'lv.', 3 'Star.'	7 'Colum.', 2 'Elw.'s gold', 4 'Elw.', 1 'lv.', 1 'Star.'
26 'Colum.', 7 'Elw.'s gold', 13 'Elw.' 5 'lv.', 3 'Star.'	27 'Colum.' 6 'Elw.'s gold', 14 'Elw.', 4 'lv.', 3 'Star.'
26 'Colum.', 7 'Elw.'s gold', 13 'Elw.' 5 'lv.', 3 'Star.'	7 'Colum.', 2 'Elw.'s gold', 4 'Elw.', 1 'lv.', 1 'Star.'
8 'Colum.', 2 'Elw.'s gold', 3 'Elw.', 2 'lv.'	27 'Colum.' 6 'Elw.'s gold', 14 'Elw.', 4 'lv.', 3 'Star.'
8 'Colum.', 6 'Elw.'s gold', 14 'Elw.', 8 'lv.'	27 'Colum.' 6 'Elw.'s gold', 14 'Elw.', 4 'lv.', 3 'Star.'

Bacillus amyloliquefaciens 'Ba4'
 Hèles®
 Fongibacter®
 Témoin positif
 Témoin négatif
 Chemin

'Column.' = Columnaris, 'Elw.' = Elwoodi, 'lv.' = Ivonne, 'Star.' = Stardust



Mesures essai *in vivo*: échelle arbitraire



40% (2)

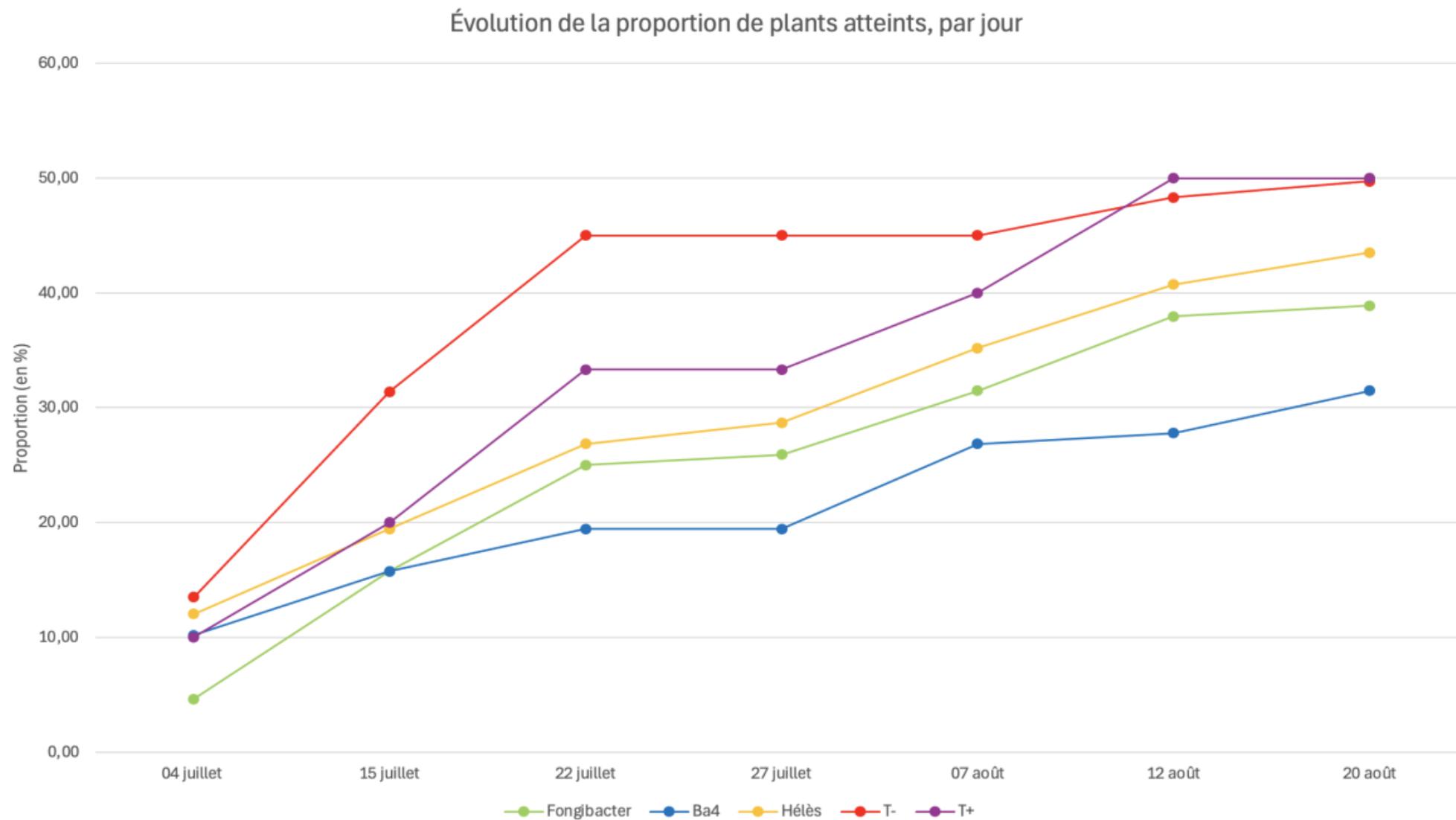
60% (3)

80% (4)

100% (5)

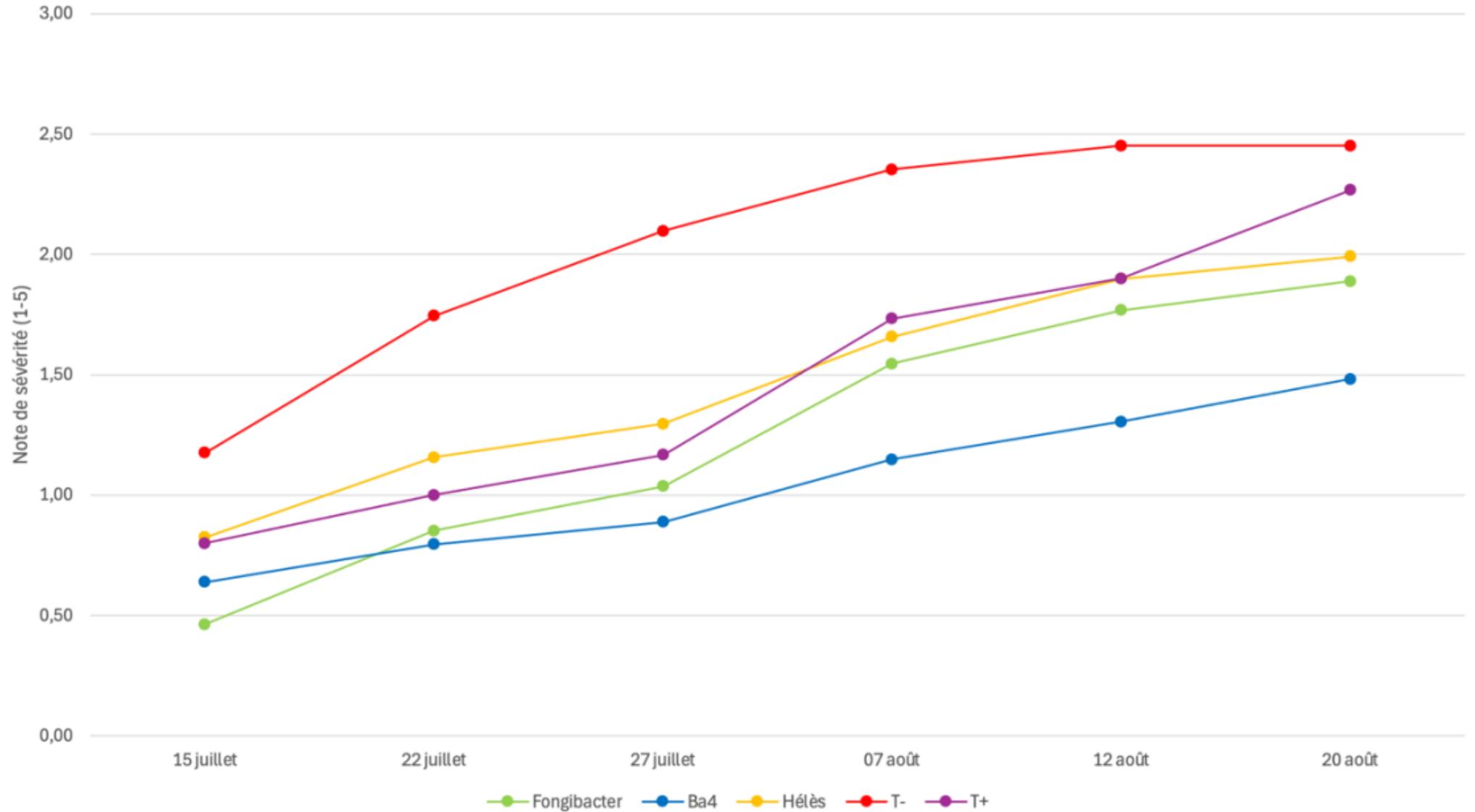


Proportions et sévérité de la maladie



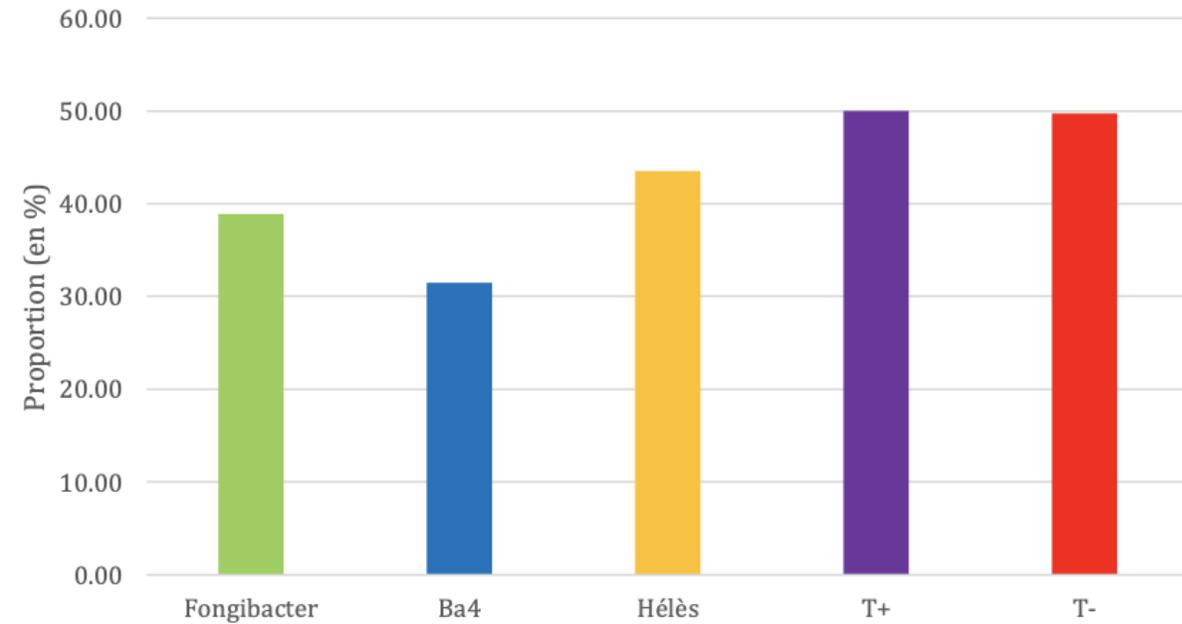
Proportions et sévérité de la maladie

Évolution de la sévérité de la maladie, par jour

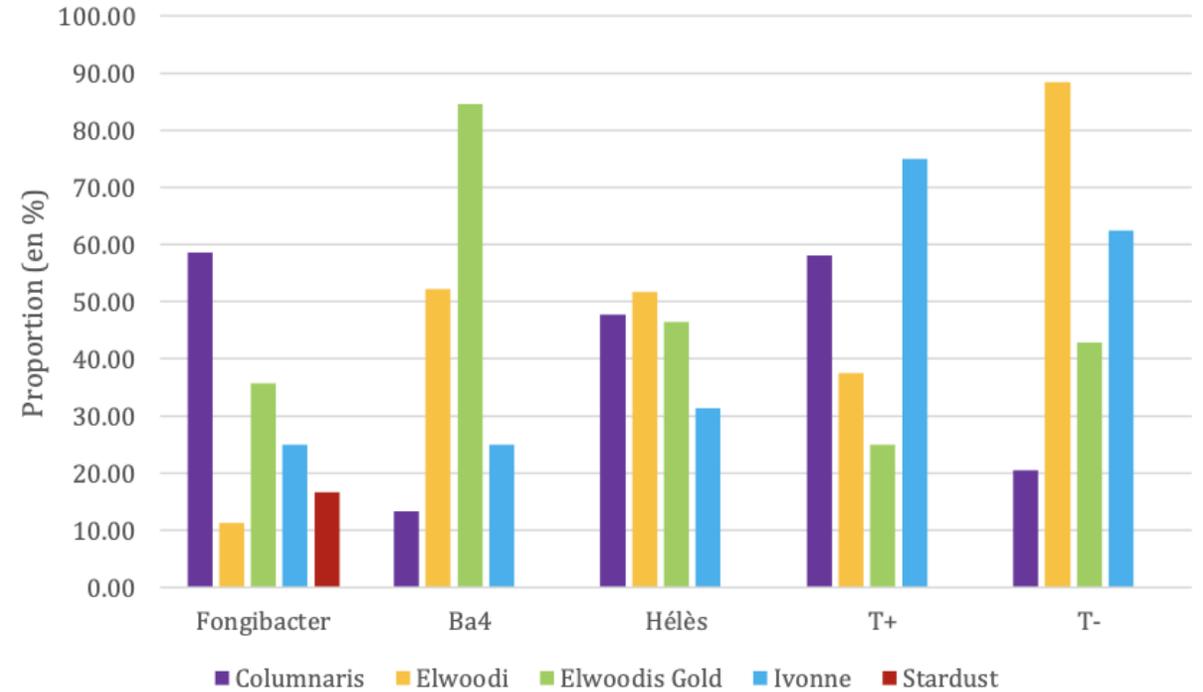


Derniers relevés

Proportion de plants atteints au dernier jour, par traitement



Proportion de plants atteints au dernier jour, par variété



Conclusions et perspectives

- ***Phytophthora cinnamomi*** identifié comme le principal pathogène responsable de la mortalité des conifères (pourriture racinaire, dépérissement rapide).
- ***T. asperellum*, *T. atroviride* (T1) et *B. amyloliquefaciens* (Ba2, Hélès et Fongibacter)** ont inhibé la croissance de *P. cinnamomi* de plus de **30 % in vitro**.
- ***T. harzianum* (B05, Fongibacter), *T. velutinum* (7.7) et *B. aryabhatai* (B29)** ont inhibé la croissance de *P. cinnamomi* de plus de **20 %**.
- ***B. amyloliquefaciens* (Ba4) (-20%) et Fongibacter® (-10%)** ont montré une efficacité, mais les résultats varient selon les variétés de *C. lawsoniana*.

Remerciements



**Rachel Meylan et ses collaborateurs, Pépinières Meylan
Corentin Descombes, Assistant HES, HEPIA**

**Groupe Plants et Pathogènes
Institut de recherche
Terre Nature Paysage (inTNP)**